

8.1.3 Merkpunkte zu Kapitel 8.1: Plastische Verformung und Versetzungen

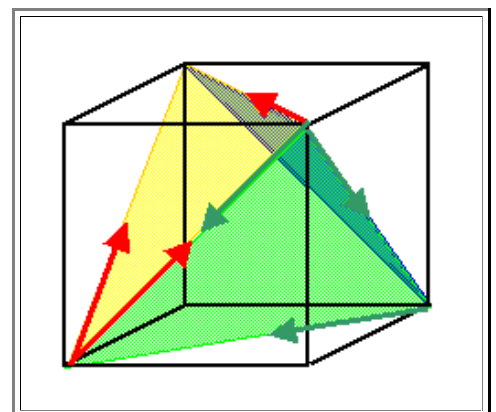
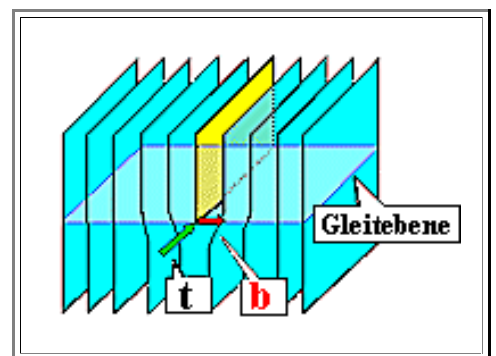
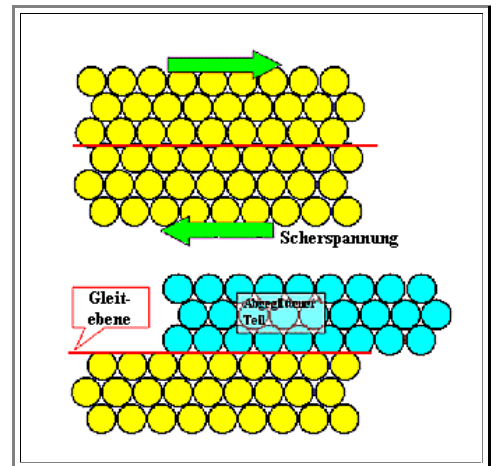
Plastische Verformung kann immer nur durch blockweises Abgleiten verstanden werden (und nicht etwa durch individuelle Atombewegungen).

- Ein direkter Mechanismus - wie gezeigt - würde Scherspannungen in der Größenordnung von ganz grob **10 %** des **E**- oder **G**-Moduls benötigen.
- Reale Kristalle verformen sich aber schon plastisch bei Spannungen, die um mehrere Größenordnungen kleiner sind!
- Die entscheidende Frage ist: Was bestimmt die Fließgrenze **R_p**, d.h. die minimale mechanische Spannung, ab der plastische Verformung beginnt. **R_p** ist im übrigen (bis auf einen Zahlenfaktor) so ziemlich dasselbe wie "Härte".
- Konsequenz:** Plastische Verformung erfolgt **immer** durch die (Erzeugung und) Bewegung von Versetzungen.

Versetzungen sind im Prinzip simple eindimensionale Defekte, trotzdem ist plastische Verformung mit Versetzungen ein sehr komplexer Vorgang.

Wichtige Eigenschaften von Versetzungen sind:

- Charakterisierung durch Burgesvektor **b** (i.d.R. kleinstmöglicher Translationsvektor des **Gitters**) und Linienvektor **t**.
- Versetzungsbewegung erfolgt in der durch **b** und **t** aufgespannten Gleitebene. Gleitebenen sind i.d.R. die dichtest gepackten Ebenen des **Kristalls**. Damit sind die möglichen Versetzungsstrukturen und Verformungen geometrisch eingeschränkt.
- Beliebige dreidimensionale plastische Verformung benötigt mindestens **5 Gleitsysteme** = kristallographisch verschiedene Kombinationen von Burgersvektor und Gleitebene. In **fcc** Kristallen gibt es **12** Gleitsysteme (**4** Ebenen × je drei **b** - Vektoren; Bild rechts).
- Die Linienenergie einer Versetzung ist $\approx Gb^2 \approx 5 \text{ eV} / |b|$; Versetzungen sind damit niemals Gleichgewichtsdefekte. Der Kristall wird deshalb versuchen, die Gesamtlänge aller Versetzungen, d.h. die Versetzungsdichte **p_{Ver}** zu minimieren.
- Versetzungen können nicht im Kristall enden, sondern nur an anderen Defekten und auf Oberflächen / Grenzflächen.
- Scherspannungen in der Gleitbenen üben auf die Versetzung eine Kraft **F_V** senkrecht zur Linienrichtung aus; die Versetzung wird sich bewegen, sobald diese Kraft eine gewisse Mindestgröße überschreitet. Die Kraft pro Längeneinheit ist durch die nebenstehende einfache Formel hinreichend gut gegeben.



$$\frac{F_V}{l} = \tau \cdot b$$

Damit ist folgender Satz "bewiesen"

Plastische Verformung erfolgt sobald in den verfügbaren Gleitebenen eine kritische Scherspannung τ_{krit} überschritten wird

- Diese kritische Scherspannung bestimmt ziemlich unmittelbar die Fließgrenze R_p ; sie kann in weiten Grenzen durch geeignete Eingriffe in das Gefüge manipuliert werden.
- Optimierung von τ_{krit} ist die Grundlage der gesamten Metallurgie und damit der Zivilisation.

